

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-224427

(43)Date of publication of application : 19.09.1988

(51)Int.Cl.

H04B 9/00

(21)Application number : 62-056503

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 13.03.1987

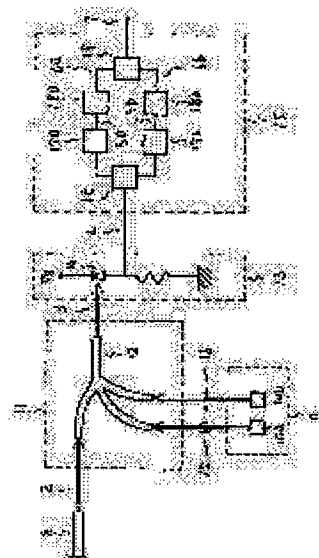
(72)Inventor : TSUSHIMA HIDEAKI
IMOTO KATSUYUKI
SANO HIROHISA
TAKASE MASAHICO
TAKASAKI YOSHITAKA

(54) METHOD AND DEVICE FOR POLARIZATION DIVERSITY OPTICAL RECEPTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To realize high sensitivity, low cost, and miniaturization, by inputting reference light having a frequency different from the carrier frequency of signal light to a light receiver after mixing to the signal light, separating the output of the light receiver to two intermediate frequency signals, and adding them after converting to baseband signals respectively.

CONSTITUTION: The reference light 1a and 1b are provided frequencies different from each other, and also, a polarized plane of almost 90° is formed. An optical mixer 11 consisting of an optical coupler 12 mixes the reference light 1a and 1b and the signal light 2, and outputs mixed light 3. The light receiver 14 of a heterodyne detector 13 performs the heterodyne detection of the mixed light 3, and outputs a detecting signal 4. The branching filter 16 of a demodulator 15 branches the detecting signal 4. A band-pass filter 17a passes only the intermediate frequency signal 5a obtained from the signal light 2 and the reference light 1a, and a band-pass filter 17b passes only the intermediate frequency signal 5b obtained from the signal light 2 and the reference light 1b. The intermediate frequency signals 5a and 5b are converted to the baseband signals 6a and 6b by detectors 18a and 18b respectively, and the 6a and 6b are added at an adder 19, then, an output signal 7 can be obtained.



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-224427

⑪ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和63年(1988)9月19日

H 04 B 9/00

H-7240-5K

B-7240-5K

審査請求 未請求 発明の数 2 (全7頁)

⑭ 発明の名称 偏波ダイバシティ光受信方法及びその装置

⑮ 特 願 昭62-56503

⑯ 出 願 昭62(1987)3月13日

⑰ 発 明 者 対 馬 英 明 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑱ 発 明 者 井 本 克 之 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

㉑ 発 明 者 佐 野 博 久 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

㉓ 発 明 者 高 瀬 晶 彦 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

㉕ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉖ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

偏波ダイバシティ光受信方法及びその装置

2. 特許請求の範囲

1. 周波数の異なるふたつの光の偏波面が略90度を成すようにした第1, 第2参照光と信号光とを混合し、この混合光をヘテロダイン検波し、この検波信号を搬送波周波数が異なる第1, 第2中間周波信号に分離し、この2つの中間周波信号をそれぞれ第1, 第2ベースバンド信号に変換し、この2つのベースバンド信号を加算することにより出力信号を得ることを特徴とする偏波ダイバシティ光受信方法。

2. 特許請求の範囲第1項において、上記第1, 第2参照光の光強度を略一致させ、且つ、上記第1, 第2ベースバンド信号を加算する前にそれぞれ略二乗することを特徴とする偏波ダイバシティ光受信方法。

3. 特許請求の範囲第1項又は第2項において、上記第1, 第2参照光は、1個の単一モード半

導体レーザの出力光をふたつに分岐し、この分岐光の少なくとも一方を周波数変換して得ることを特徴とする偏波ダイバシティ光受信方法。

4. 周波数が異なる第1, 第2参照光を偏波面が略90度を成すようにして出力する手段と、ふたつの上記第1, 第2参照光と信号光とを混合する手段と、この混合光をヘテロダイン検波する手段と、この検波信号を搬送波周波数が異なる第1, 第2中間周波信号に分離する手段と、第1, 第2中間周波信号をそれぞれ第1, 第2ベースバンド信号に変換する手段と、第1, 第2ベースバンド信号を加算する手段とから構成される偏波ダイバシティ光受信装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、信号光をヘテロダイン検波する偏波ダイバシティ光受信方法およびその装置に係り、特に、高感度、低コスト、且つ、小型の装置を実現するに好適な方法およびその装置に関する。

(従来の技術)

光が有する波としての性質を利用して情報の伝達を行うコヒーレント光伝送では、信号光の偏波状態変動に起因して、受信される信号の対雑音比 (S N R) が低下するという問題が発生するため、その対策が重要である。上記対策のひとつとして、偏波ダイバシティ光受信方法とその装置が、従来から提案されている。偏波ダイバシティ光受信とは、信号光の偏波状態変動に起因する受信信号の電力低下を抑圧することにより S N R 低下を抑圧するものである。

従来の偏波ダイバシティ光受信方法およびその装置に関しては、例えば「アイ・オー・オー・シー」'83, 1983年6月27日～30日, 予稿集第386頁～387頁 (IOOC '83, June 27-30, 1983, Technical Digest pp. 386-387) において論じられている。

従来の方法およびその装置では、まず、信号光は偏光分離器で直交するふたつの偏波成分に分離される。分離されたふたつの成分はそれぞれ、同じ周波数を有する参照光と混合される。ふたつの

混合光はそれぞれ異なる受光器でヘテロダイン検波される。ふたつの検波信号は加算され、ひとつの信号として出力される。この結果、信号光の偏波状態に変動が生じた場合、例えば、信号光が直線偏波となり、一方の受光器に入力する信号光が零となった場合でも、信号光はすべて他方の受光器に入力するため、受信信号電力は零とはならない。即ち、S N R の低下が抑圧される。

〔発明が解決しようとする問題点〕

上記従来技術では、下記の問題があつた。

1. 信号光の一部が偏光分離器において反射を受け、受光器に入力する信号光強度が低下するため、光受信装置の感度が低下する。
2. 偏光分離器の損失により、信号光が偏光分離器を通過する過程で減衰を受け、受光器に入力する信号光強度が低下するため、光受信装置の感度が低下する。
3. ふたつの混合光を得るために、混合器が2個必要となり、光受信装置が高コスト化する。
4. ふたつの混合光をそれぞれヘテロダイン検波

するために、受光器およびそれに付随する電気装置 (電源、増幅器等)、光学部品 (レンズ等) もそれぞれ2組必要となり、光受信装置が大型化、高コスト化する。

5. 受光器および電気装置がそれぞれ2組必要となるため、装置の消費電力が高くなり、光受信装置の運用経費が高くなる。
 6. 光受信装置の消費電力が高いため、装置の発熱量も大きくなり、装置の冷却に要するコストが高くなる。
 7. 2個の受光器の特性を近いものとするために、多数の受光器の中から特性に近い2個の受光器を選別する必要があり、装置が高コスト化する。
- 本発明の目的は、上記問題を解決し、高感度、低コスト、且つ、小型の偏波ダイバシティ光受信方法とその装置を実現することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

上記目的は、周波数が異なるふたつの光偏波面が略90度を成すようにした参照光と信号光とを混合し、この混合光をヘテロダイン検波し、この

検波信号を搬送波周波数が異なる第1、第2中間周波信号に分離し、この2つの信号をそれぞれ第1、第2ベースバンド信号変換し、この2つのベースバンド信号を加算することにより達成される。

〔作用〕

ヘテロダイン検波は、信号光の搬送波周波数とは異なる周波数を有する参照光を信号光に混合し、この混合光を受光器に入力し、この受光器の出力信号として、信号光搬送波と参照光の差の周波数の搬送波を有する中間周波信号を得るものである。ここで、中間周波信号の電力は、信号光の中で、参照光の偏波面に平行な成分の強度に比例する。従つて、信号光の偏波状態変動により、参照光の偏波面に平行な成分の強度が変動すると、それに比例して中間周波信号の電力も変動する。中間周波信号電力の最小値は零であり、信号光の偏波面が参照光の偏波面に直交した場合に上記最小値が得られる。

本発明では、受光器出力として、搬送波周波数が異なるふたつの中間周波信号の和を得る。これ

は、周波数が異なるふたつの光が参照光に含まれるためである。さらに、上記ふたつの中間周波信号の電力は、信号光の直交するふたつの偏波成分の強度にそれぞれ比例する。これは、参照光を構成するふたつの光の偏波面が略90度を成すためである。従つて、一方の中間周波信号は、参照光を構成する一方の光と、その偏波面に平行な信号光の成分とから得られる。さらに、他方の中間周波信号は、信号光の残りの成分と、参照光の中の方の光とから得られる。よつて、信号光のいかなる偏波状態変動に対しても、上記ふたつの中間周波信号の電力の和は零とならない。

さらに、ふたつの中間周波信号は、その搬送周波数が異なるため、濾波器により分離できる。分離後の中間周波信号は、それぞれベースバンド信号（搬送波周波数は零）に変換した後に加算することにより、ひとつの信号にすることができる。従つて、この信号の電力は、信号光の偏波状態に係わらず、零とはならない。即ち、信号対雑音比（S N R）の低下は抑圧される。しかも、上記の

効果は、偏光分離器を用いることなく、且つ、ひとつの受光器を用いて実現することができる。

〔実施例〕

本発明の一実施例を第1図に示す。同図において、1 aおよび1 bは参照光で、互いに周波数が異なり、且つ、偏波面が略90度を成す。2は信号光である。3は、参照光1 a、1 bおよび信号光2の混合光である。4は、混合光3をヘテロダイン検波して得られた検波信号である。5 aおよび5 bは、それぞれ信号光と2つの参照光とにより得られた中間周波信号である。6 aおよび6 bは、それぞれ中間周波信号5 aおよび5 bから得られるベースバンド信号である。7は、ベースバンド信号6 aと6 bとを加算した信号であり、本装置の出力信号である。8は、信号光2を通す光ファイバである。9は、参照光1 aおよび1 bを出力する局部発振器である。10 aおよび10 bは、局部発振器9を構成する光源であり、単一モードで発振するレーザ等で実現できる。例えば、半導体レーザを使用する場合には、それぞれの活

性削のp n接合面が相互に略90度を成すように半導体レーザを配置すれば、参照光1 aおよび1 bの偏波面は略90度を成す。11は、参照光1 a、1 bおよび信号光2を混合して混合光3を出力する光混合器である。12は、光混合器11を構成する光カプラである。光カプラは、単一モード光ファイバや、方向性結合器等により実現できる。13はヘテロダイン検波器である。14は、混合器3をヘテロダイン検波する受光器であり、PIN-PPD（ピン-フォト・ダイオード）やAPD（アバランシエ・フォト・ダイオード）等で実現できる。図中の V_R は、受光器14に印加する電圧を意味している。15は、検波信号4から送信信号を復現する復調器である。16は、検波信号4を分岐する分岐器である。17 a及び17 bはそれぞれ帯域濾波器である。帯域濾波器17 aは、信号光2と参照光1 aとから得られた中間周波信号のみを通過させ、帯域濾波器17 bは、信号光2と参照光1 bとから得られた中間周波信号のみを通過させる。18 a及び18 bはそ

れぞれ包絡線検波器である。中間周波信号5 aは検波器18 bにより、また、中間周波信号5 bは検波器18 bによりそれぞれベースバンド信号6 a、6 bに変換される。19はベースバンド信号6 a、と6 bとを加算する加算器である。

以下第2図、第3図を参照しながら、本実施例の動作を説明する。第2図は、各部の光の偏波面を、また、第3図は、各信号の周波数スペクトルを模式的に表わしたものである。参照光1 aの偏波面を第2図(a)に（電界振幅： E_{LoV} ）、参照光1 bの偏波面を第2図(b)に（電界振幅： E_{LoH} ）それぞれ示す。参照光1 aと1 bの偏波面は、互いに略90度を成すため、両者の関係は、第2図(c)のようになる。

一方、信号光2が直線偏波である場合を例として考えると、信号光2の偏波面は第2図(d)のようになる。同図において、 E_s は信号光2の電界振幅である。 E_{sV} および E_{sH} は、 E_s の成分の中で、それぞれ E_{LoV} および E_{LoH} に平行な成分である。 E_{sH} と E_s とが成す角度を θ とすると、

信号光の偏波状態は θ により表現でき、次式が成立する。

$$\begin{cases} E_{sv} = E_s \cdot \sin \theta \\ E_{sh} = E_s \cdot \cos \theta \end{cases} \dots \dots (1)$$

但し、 $0 \leq \theta \leq 90^\circ$

混合光3の偏波面を第2図(e)に示す。同図のように、 E_{lov} と E_{sv} 、また E_{loh} と E_{sh} は、それぞれ平行である。このため、混合光3が受光器に入力され、その結果得られる検波信号 $I(t)$ は次式で表わされる。

$$I(t) = I_a(t) + I_b(t) \dots \dots (2)$$

$$\text{但し、} I_a(t) = D \cdot E_{sv} \cdot E_{lov} \cdot \cos [2\pi(f_s - f_v) + \delta_a]$$

$$I_b(t) = D \cdot E_{sh} \cdot E_{loh} \cdot \cos [2\pi(f_s - f_h) + \delta_b]$$

式(2)において、 D は受光器により決まる定数であり、 f_v 、 f_h および f_s はそれぞれ参照光1a、1bの周波数および信号光2の搬送波周波数である(第3図(a)、(b)参照)。また、 δ_a および δ_b は位相差である。さらに、 $I_a(t)$ は、参照光1aと信号光2とから得られた中間周波信号を表わし、その搬送波周波数は $(f_s - f_v)$

となつている。また、 $I_b(t)$ は、参照光1bと信号光2とから得られた中間周波信号を表わし、搬送波周波数は $(f_s - f_h)$ となつている。従つて、式(2)は、検波信号 $I(t)$ がふたつの中間周波信号 $I_a(t)$ および $I_b(t)$ の和で表わされることを示している。第3図(c)には、検波信号 $I(t)$ の周波数スペクトルを示す。同図では、右側の破線内のスペクトルが $I_a(t)$ を、また、左側の破線内のスペクトルが $I_b(t)$ を表わしている。

従つて、検波信号4を分岐し、それぞれ、第3図(c)の破線で示される通過特性を有する帯域濾波器17aおよび17bに入力すると、17aの出力として信号 $I_a(t)$ を、また、17bの出力として信号 $I_b(t)$ を得ることが出来る。さらに、信号 $I_a(t)$ および $I_b(t)$ を、それぞれ包絡線検波器18aおよび18bに入力すると、信号はベースバンド信号となり、その振幅は下式で表わされる。

$$I_a'(t) = D \cdot E_{sv} \cdot E_{lov} = D E_s \cdot E_{lov} \cdot \sin \theta \dots \dots (3)$$

$$I_b'(t) = D \cdot E_{sh} \cdot E_{loh} = D E_s \cdot E_{loh} \cdot \cos \theta$$

上式の $I_a'(t)$ および $I_b'(t)$ を加算器19で加算すると、その出力信号7として、下式の信号を得る。

$$I'(t) = I_a'(t) + I_b'(t) \\ = D E_s \cdot (E_{lov} \cdot \sin \theta + E_{loh} \cdot \cos \theta) \dots (4)$$

式(4)で表わされる本実施例の出力信号は、いかなる θ の値に対しても零とはならない。即ち、信号光のいかなる偏波状態に対しても、出力信号 $I'(t)$ を得ることができる。

第4図は復調器15の別の実施例である。本実施例は、参照光1aおよび1bの光強度を略一致させ、且つ、ベースバンド信号6aおよび6bを加算する前にそれぞれ略二乗するものである。従つて加算器19の前に二乗検波器20a、20bを備える。上記条件を式により表現すると下式を得る。

$$\begin{cases} E_{lov} \approx E_{loh} (= E_{lo}) \\ I'(t) \approx \{I_a'(t)\}^2 + \{I_b'(t)\}^2 \end{cases} \dots \dots (5)$$

上式(5)を整理して、式(3)を代入すると、出力信号 $I'(t)$ として次式を得る。

$$I'(t) \approx (D \cdot E_s \cdot E_{lo})^2 \dots \dots (6)$$

上式(6)は、式(5)の条件が満足される場合の出力信号 $I'(t)$ は、 θ に依存しないこと、即ち、信号光の偏波状態に係わらず出力信号は一定値となることを示している。従つて、信号電力も一定となる。式(5)の第1式の条件は、 E_{lov} および E_{loh} を出力する光源の駆動電流等を調節することにより実現できる。また、式(5)の第2式の条件は、二乗検波器として、ダイオードあるいは電界効果トランジスタを用いることにより実現できる。本実施例によれば、第1図の場合と同様の効果を得ると同時に、信号光の偏波状態に係わらず、出力信号の電力を一定にできるという効果を得る。

第5図は、局部発振器9の別の実施例である。本実施例は、局部発振器9を、1個の光源で実現している。同図において、10は、単一モード半導体レーザ等の光源である。21は偏光ビームスプリッタ等の偏光分離器であり、光源10の出力

光を偏光分離器21に入力することにより、出力光を偏波面が略90度を成すふたつの光24aおよび24bに分離することができる。特に光源10の出力光が直線偏波であり、その偏波面と偏光分離器21の偏光軸とが略45度を成すように偏光分離器21および光源10の角度を調整すれば、ふたつの光の強度を略一致させることができる。22は、光24aの進行方向を調節するミラーである。23は、光24aの周波数を変える光周波数変換器である。23は、音響光学結晶や電気光学結晶を用いることにより実現できる。例えば、音響光学結晶を用いた光周波数変換器は、市販されている。光周波数変換器23から出力される光を参照光1aとし、光24bをそのまま参照光1bとすることにより、1個の光源10を用いて局部発振器9を実現することができる。

本実施例によれば、第1図の場合と同様の効果を得ると同時に、光源の数を半減できるので、装置を低コスト化することができるという効果を得る。

第2図は第1図の実施例における各部の光の偏波面を示す図、第3図は第1図の実施例における各部の信号の周波数スペクトルを示す図、第4図は復調器の別の実施例を示すブロック図、第5図は局部発振器の別の実施例を示すブロック図である。
1…参照光、2…信号光、3…混合光、4…検波信号、5…中間周波信号、6…ベースバンド信号、7…出力信号、8…光ファイバ、9…局部発振器、10…光源、11…光混合器、12…光カプラ、13…ヘテロダイン検波器、14…受光器、15…復調器、16…分岐器、17…帯域濾波器、18…包絡線検波器、19…加算器、20…二乗検波器、21…偏光分離器、22…ミラー、23…光周波数変換器。

代理人 弁理士 小川勝男

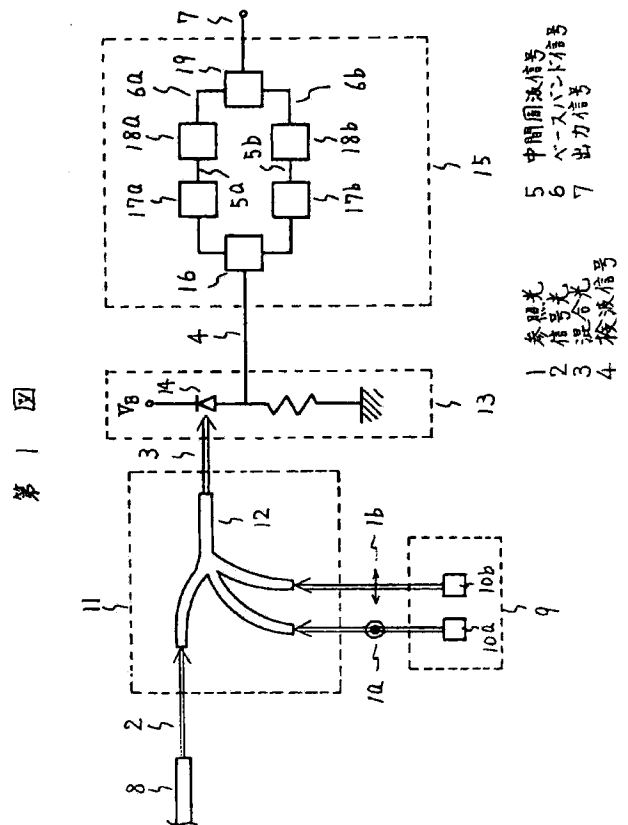
〔発明の効果〕

本発明によれば、次の効果を有する偏波ダイバシティ光受信方法とその装置を得る。

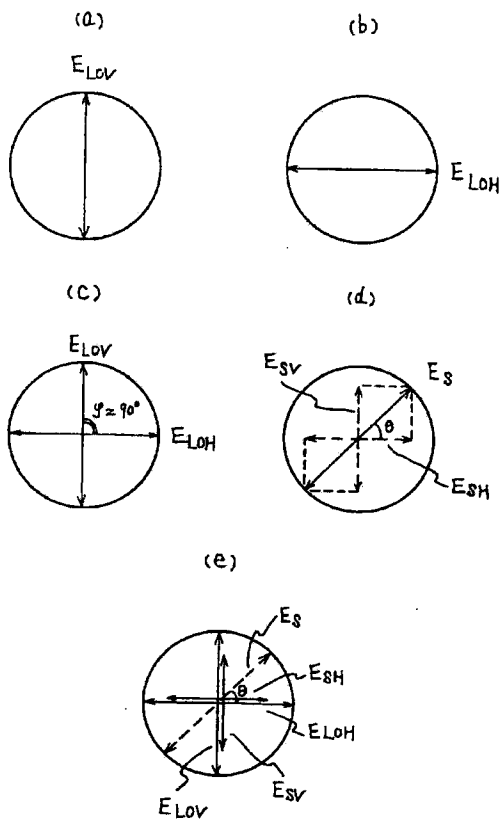
1. 従来、信号光の減衰の原因となっていた偏光分離器を用いないため、光受信装置の感度を高くすることができる。
2. 従来、2個必要であった混合器を半数の1個にできるため、光受信装置を低コスト化できる。
3. 従来、2組必要であった受光器、それに付随する電気装置および光学部品を半数の1組にできるため、光受信装置を小型化、低コスト化できると同時に、消費電力を低下できるため装置の運用経費も低下でき、さらに、装置の発熱量を低下できるため、装置の冷却に要するコストも低下できる。
4. 従来、2個の受光器を用いるために必要とされた受光器の選別が不要となり、光受信装置のコストを低下できる。

4. 図面の簡単な説明

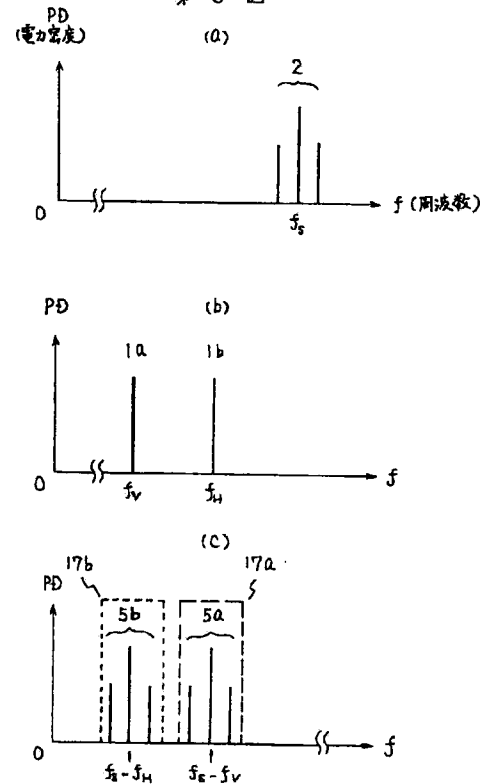
第1図は本発明の一実施例を示すブロック図、



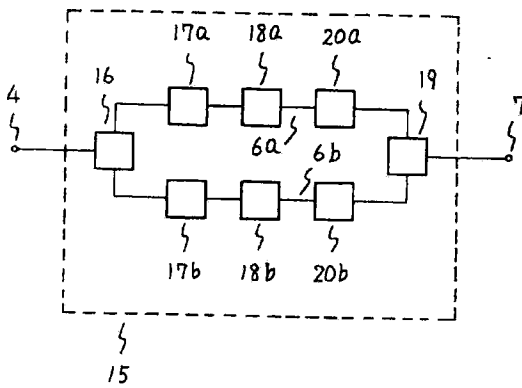
第 2 図



第 3 図

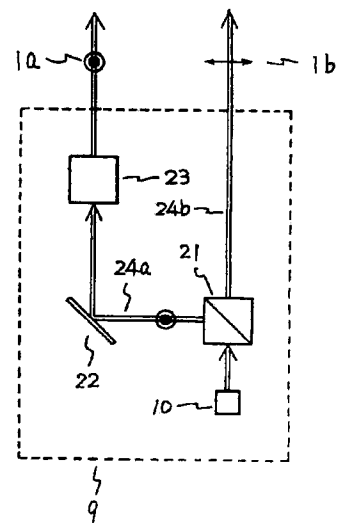


第 4 図



2D 二束検波器

第 5 図



21 偏光分離器
22 ミラー
23 光周波数変換器

第 1 頁の続き

②発 明 者 高 崎 喜 孝 東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地 株式会社日立製作所中央研究所内